

## **НЕЛІНІЙНА РАДІОЛОКАЦІЯ У СФЕРІ ТЕХНІЧНОГО ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ**

***Зінковський Ю. Ф., д.т.н., проф., Гаташов О. О.***

*Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Нелінійні локатори (радіолокатори) відносяться до апаратних технічних засобів захисту інформації і застосовуються для виявлення і локалізації засобів підключення і знімання мовленнєвої інформації, вмонтованих в меблі, предмети інтер'єру, будівельні та огорожувальні конструкції, інженерні комунікації. Нелінійні локатори здатні виявляти елементи, до складу яких входять напівпровідникові компоненти, електронні та радіомікрофони (жучки), окремі електронні плати. В свою чергу радіолокатори здатні здійснювати контроль будівельних конструкцій (цегляної кладки, стінових панелей, бетонних і залізобетонних монолітів, тощо) з метою виявлення прихованих предметів (дротів, в тому числі оптичних, арматури, різних неоднорідностей і сторонніх тіл), пустот, місць установки закладних, підслуховуючих пристроїв, а також отримати для аналізу зображення внутрішньої структури досліджуваного об'єкта. При цьому не має значення, активне або пасивне джерело небезпеки.

Пристрої нелінійної локації здійснюють пошук шляхом випромінювання високочастотних імпульсів та аналізу відбитого сигналу. Якщо досліджуваний об'єкт відображає сигнал, що містить (крім основної частоти) другу, третю і більш високі гармонійні складові, це говорить про наявність електронних елементів закладних пристроїв. Радіолокатори отримують зображення, за своєю природою нагадують рентгенівські, при цьому для діагностики не вимагається двосторонній підхід до досліджуваного об'єкта, так як прилади працюють на віддзеркаленні, і робота з ними абсолютно безпечна для оператора в силу низької потужності випромінювання (<10 мВт). Застосування нелінійних локаторів дозволяє оперативно і точно виявити і локалізувати джерело витoku інформації.

В нелінійній радіолокації інформація про виявлений об'єкт визначається його здатністю до спектрального перетворення зонduючого сигналу і перевідбиття останнього на гармоніках частоти зондування. Ці явища можливі за наявності в складі об'єкта елементів з нелійними вольтамперних характеристик (ВАХ). Такі елементи за природою свого виникнення умовно можуть бути розділені на електронні та завадові

Під електронними будемо розуміти напівпровідникові прилади штучного походження, що містять р-п перехід (наприклад, діоди, транзистори тощо).

ВАХ р-n переходу є несиметричною та описується експоненційною функцією [1]. Якщо розрахувати кратні спектральні складові струму через елемент з такою ВАХ в залежності від амплітуди наведеного сигналу —  $U_m$ , то можна показати, що при значеннях  $U_m$  менше кількох десятків мілівольт вони будуть представлені головним чином другою гармонікою. При збільшенні  $U_m$  будуть стрімко зростати амплітуди вищих гармонік.

В роботі [2] наводяться результати експериментальних досліджень нелінійного розсіювання зонduючого сигналу електронними розподільниками. Показано, що залежність потужності другої гармоніки на вході приймальної антени нелінійного радіолокатора (НР) —  $P_{r2}$  від щільності потоку потужності зонduючого сигналу —  $\Pi$ , при фіксованій відстані  $R$ , має вигляд представлений на рис. 1.

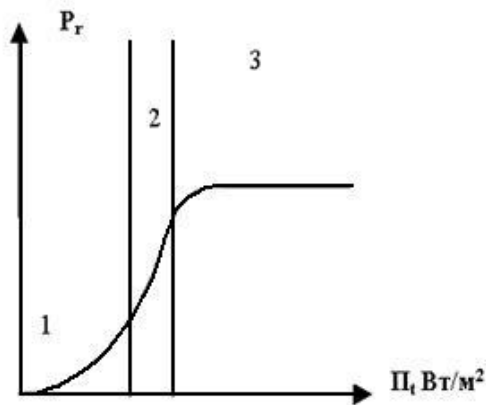


Рисунок 1. Характер експериментальної залежності: 1 — область слабкої взаємодії  $P_{r2} \sim \Pi$ , 2 — область сильної взаємодії  $P_r \sim \Pi$ , 3 — область насичення  $P_{r2} = \text{const}$ .

Якщо простежити фізичні процеси, що відбуваються у нелінійному розсіювачі, то для області близької локації можна отримати вираз, що встановлює зв'язок між основними параметрами:

$$P_{r2} \approx \frac{(P_t \cdot G_t)^2}{(4\pi R^2)^2} \cdot \frac{S_{\text{эф}}}{4\pi R^2}$$

де  $P_t$  — потужність зонduючого сигналу на вході передавальної антени,  $G_t$  — коефіцієнт посилення передавальної антени,  $S_{\text{эф}}$  — ефективна площа приймальної антени НРЛ.

Найбільш типовими структурами, що створюють перешкоди, є структури «метал-окисел-метал» (МОМ-структури) до яких належать, наприклад, металевий каркас і арматура залізобетонних будівель, металеві конструкції віконних і дверних коробок, арматура підвісних стель та ін. Утворені нелінійні елементи виявляються НЛ аналогічно електронним.

При досить малій товщині окисної плівки МОМ-структури, основним механізмом переносу носіїв через контакт є тунельний ефект. При невеликих напругах (менше 1 В) і однакових металах, ВАХ контакту можна апроксимувати поліномом третього степеня. При напрузі на контакті більш  $\sim 1,5$  В ВАХ стає більш крутою, а при подальшому збільшенні — нестійкою і в більшості випадків настає незворотний пробій контакту. Суттєвою особливістю ВАХ контактних напівпровідників є її нестійкість при механічному впливі (зміні тиску на контакт).

Зазначена апроксимація ВАХ означає, що в спектрі відбитого сигналу переважає третя гармоніка. Характер залежності потужності розсіяного сигналу (на третій гармоніці) на вході приймача НРЛ —  $P_{r3}$  при фіксованій

відстані аналогічний показаному на рис. 1 з тією різницею, що в області слабкої взаємодії показник ступеня щільності потоку потужності  $\Pi_r$  дорівнює трьом:  $P_r^3 \sim \Pi_r^3$ .

— При нелінійному розсіюванні зонduючого сигналу залежність потужності сигналу гармонік на вході приймача НРЛ —  $P_r, n$  (при  $R = \text{const}$ ) від щільності потоку потужності зонduючого сигналу —  $\Pi_r$  має вигляд, показаний на рис. 1.

— В області слабкої взаємодії  $P_r, n \sim \Pi_r, n$  ( $n$  — номер гармоніки).

— ВАХ заводових напівпровідників мають суттєву залежність від сили тиску на контакт, що визначає механічну нестабільність характеристик розсіювання.

#### **Перелік посилань**

1. Семенов Д. В. Нелинейная радиолокация: концепция «NR» / Д. В. Семенов, Д. В. Ткачев // «Специальная техника», 2010. — № 2 — С. 28—30.
2. Горбачев А. А. Амплитудные характеристики нелинейных рассеивателей / А. А. Горбачев, С. В. Ларцев, С. П. Тараканов, Е. П. Чигин // Радиотехника и электроника, 1996 — т. 41, — № 5 — С. 558—562
3. Штейншлегер В. Б. Нелинейное рассеяние радиоволн металлическими объектами / В. Б. Штейншлегер // Успехи физических наук, 1984 — Т. 142, — №. 1, — С. 131—145.

#### **Анотація**

Розглянуто особливості виявлення закладних пристроїв нелінійними радіолокаторами. Показано труднощі щодо пошуку радіоелектронних пристроїв в умовах приміщення.

Ключові слова: технічний захист інформації, нелінійна радіолокація, закладні пристрої.

#### **Аннотация**

Рассмотрены особенности выявления закладных устройств нелинейными радиолокаторами. Показано трудности по поиску радиоэлектронных устройств в условиях помещения.

Ключевые слова: техническая защита информации, нелинейная радиолокация, закладные устройства.

#### **Abstract**

Features of detecting eavesdropping devices nonlinear radar. Displaying difficulties in finding electronic devices in terms of space.

Keywords: technical information security, nonlinear radar, embedded devices.